

Газеев М.В., Тихонова Е.В., Жданова И.В.
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

МЕХАНИЗМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ АЭРОИОНИФИКАЦИЕЙ

THE INTENSIFICATION MECHANISM OF THE PAINT COVERINGS DRYING BY AIR IONIZATION

Формирование на поверхности древесины защитно-декоративных покрытий является длительным технологическим процессом, который позволяет повысить эстетические свойства и качество готовых изделий. Продолжительность процесса отделки зависит от вида применяемых лакокрасочных материалов (ЛКМ) и способов интенсификации их отверждения [1]. В современных условиях автоматизации производства время отверждения покрытий должно быть минимальным, что требует совершенствования существующих и разработку новых способов интенсификации отверждения лакокрасочных покрытий (ЛКП) [2].

В Уральском государственном лесотехническом университете на кафедре механической обработки древесины разработан новый способ ускорения отверждения ЛКП аэроионизацией, или воздействием активных форм кислорода (АФК), возникающих в сильном электрическом поле электроэффлювиального аэроионизационного устройства (ЭЭАУ) [3].

По результатам исследования предложенного способа установлено, что аэроионизация позволяет ускорить процесс отверждения ЛКП, образованных водными ЛКМ примерно на 30% по сравнению с естественными условиями.

Для дальнейшего изучения влияния аэроионизации на отверждение ЛКП были проведены теоретические и экспериментальные исследования, основная цель которых – изучение механизма ускорения перехода ЛКМ в твердую пленку при аэроионизации.

Жидкие ЛКМ для отделки изделий из древесины представляют собой дисперсные системы - суспензии. Граница раздела фаз проходит между жидкостью и твердыми частицами пленкообразователя. В основе отверждения покрытий лежит физико-химический процесс, состоящий из трех стадий: испарение паров растворителя; образование первичных глобул или пленки геля; формирование плотного покрытия [1]. Можно предположить, что процесс отверждения покрытий под действием ЭЭАУ протекает с участием электрокинетического явления – электроосмоса [4], возникающего в дисперсных системах при наличии на границе раздела фаз двойного электрического слоя (ДЭС). Электроосмос представляет собой явление перемещения частиц жидкости из слоя ЛКП в сторону увеличения напряженности электрического поля [5].

Молекулы пленкообразователя, распределенные в жидкой среде, обладают большим избытком поверхностной энергии. Стремление гетерогенной системы к ее уменьшению приводит к образованию на поверхности твердых частиц дисперсной фазы ДЭС [5].

Пленкообразователи, входящие в состав ЛКМ представляют собой мономеры, олигомеры и полимеры, большая часть которых является слабыми электролитами и по-

лизлектролитами [5]. На свойства пленкообразующих веществ значительное влияние оказывает полярность их молекул, которая определяется полярностью молекулярных групп с учетом пространственной симметрии их расположения. Полярные соединения содержат в своем составе сильнополярные группы $-\text{OH}$; $-\text{COOH}$; $-\text{Cl}$. Группы $-\text{OSCOCH}_2$; $-\text{ONO}_2$ по полярности занимают промежуточное положение [1].

Образование ДЭС в лакокрасочных системах происходит за счет притяжения полярных групп молекул пленкообразователя и растворителя.

Частицу дисперсной фазы с ДЭС называют мицеллой. Внутреннюю ее часть составляет молекула пленкообразователя, которую плотным кольцом окружают молекулы растворителя (рис. 1).

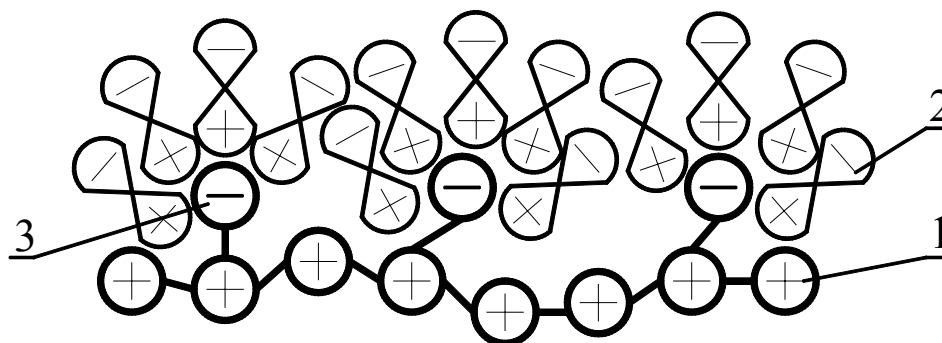


Рисунок 1 – Строение мицеллы

1 – положительные молекулярные группы полимера; 2 – молекулы растворителя; 3 – отрицательные молекулярные группы полимера

ЭЭАУ воздействует на покрытие и приводит к переполаризации молекул растворителя, а также к разрыву ДЭС по плоскости скольжения (А-А на рис. 2). На плоскости скольжения возникает электрокинетический потенциал или ζ (дзета) - потенциал, величина которого сильно зависит от природы контактирующих фаз и определяет скорость перемещения дисперсионной среды через дисперсную фазу в направлении перемещения электронов поля. Полярные группы молекул растворителя притягиваются аэроионами и выходят из слоя покрытия.

Полимерные молекулы пленкообразователя притягиваются полярными группами молекул целлюлозы и адсорбируются на поверхности подложки. Они располагаются таким образом, что с древесиной контактирует только положительная часть полярных молекулярных сегментов, отрицательная часть, находящаяся во взаимодействии с молекулами растворителя, образует петли. С удалением молекул растворителя из слоя покрытия происходит укладка макромолекул, достижение их равномерного расположения и уплотнения. Скорость адсорбции определяется диффузией макромолекул полимера к поверхности древесины и свойствами растворителя [1].

Для обоснования предложенного механизма были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых определялись:

- сила электрического поля (напряженность) под ЭЭАУ;
- кинетика испарения воды и отверждения лакокрасочных покрытий образованных водоразбавляемыми ЛКМ под воздействием ЭЭАУ, образованных в электрическом поле определенной напряженности.

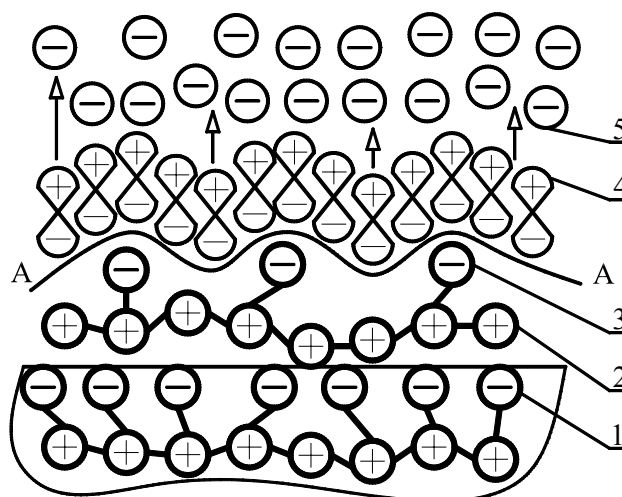


Рисунок 2 – Механизм отверждения покрытий при аэроионизации

1 – полярные группы молекул целлюлозы (-ОН); 2 – положительные группы молекулы полимера; 3 – отрицательные группы молекулы полимера; 4 – поляризованные молекулы растворителя; 5 – аэроионы

Результаты измерений напряженности поля на разных расстояниях под излучателя ЭАУ при двух значениях напряжения (12 и 24 кВ) представлены на графике (рис.3).

На основании физической сущности величин напряженности и напряжения в области однородного макрополя (рассматривая излучатель ЭАУ как единый коронирующий электрод), были получены расчетные значения напряженности по формуле:

$$E = \frac{U}{h}, \text{ кВ/м} \quad (1)$$

где U – напряжение на излучателе ЭАУ, Вт;
 h – расстояние до излучателя ЭАУ, м.

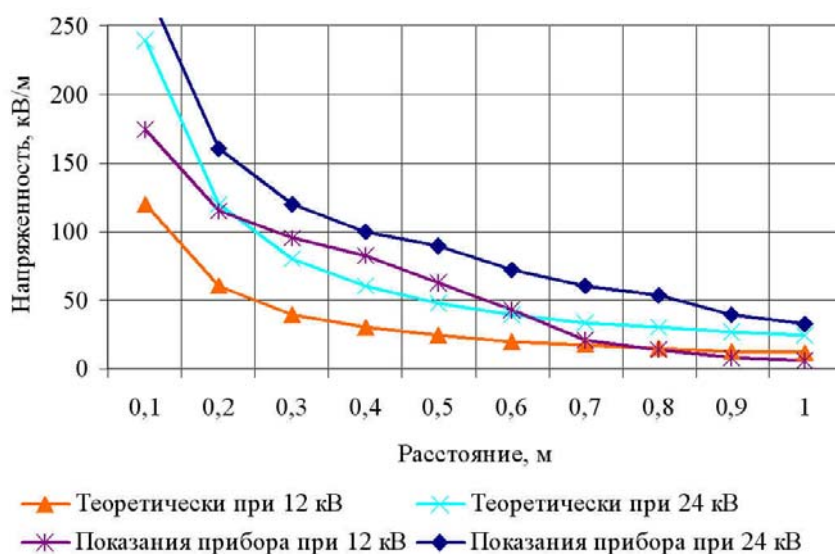


Рисунок 3 – График зависимости напряженности поля от расстояния до излучателя ЭАУ

Полученные зависимости экспериментальных и теоретических значений напряженности характеризуют распределение электрического поля под излучателем ЭЭАУ.

Погрешность эмпирических значений может быть обусловлена, во-первых, относительной погрешностью измерения прибора; во-вторых, неабсолютной однородностью электрического поля под излучателем ЭЭАУ. Для поддержания поля на расстоянии от излучателя ЭЭАУ в результате диффузии носителей тока по градиенту концентрации возникают сторонние силы, которые увеличивают величину напряженности при удалении от излучателя.

Для определения кинетики испарения воды под воздействием ЭЭАУ вода наливалась в чашку Петри, взвешивалась и помещалась под излучатель ЭЭАУ. Масса чашки фиксировалась каждые 10 мин. Опыты проводились при разных значениях напряженности поля и в естественных условиях. Полученные экспериментальные зависимости представлены на графике (рис. 4).

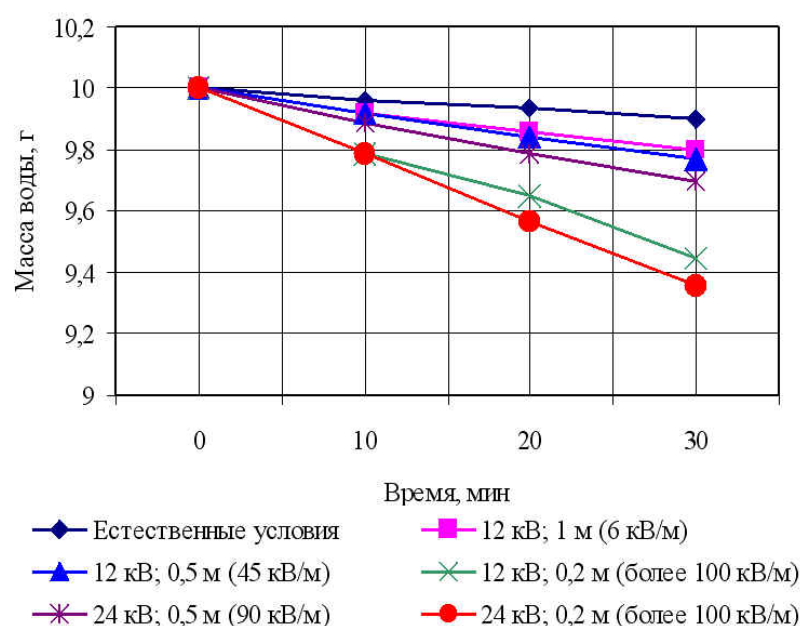


Рисунок 4 – График кинетики испарения воды

В результате эксперимента установлено, что скорость испарения воды прямо пропорциональна силе электрического поля (напряженности). При напряженности поля 120 кВ/м процесс испарения протекает быстрее в 6,4 раза по сравнению с естественными условиями.

Для определения влияния аэроионизации на продолжительность отверждения ЛКП, образованного водным лаком «Эколак», покрытие формировалось на стеклянной подложке. Полученная зависимость времени отверждения от напряженности поля представлена на рис. 5.

По данным проведенных исследований процесс отверждения ЛКП в поле напряженностью 120 кВ/м протекает быстрее в 3 раза по сравнению с естественными условиями. Эффективное применение аэроионизации для отверждения покрытий возможно при напряженности электрического поля не менее 40 кВ/м. В итоге проделанной научно-исследовательской работы предложен механизм отверждения ЛКП при аэроионизации, экспериментально проверенный для водных ЛКМ, который позволяет предполагать, что эффективность применения аэроионизации зависит от полярности

молекул пленкообразователя и растворителя. При этом полярность молекул растворителя должна быть больше.

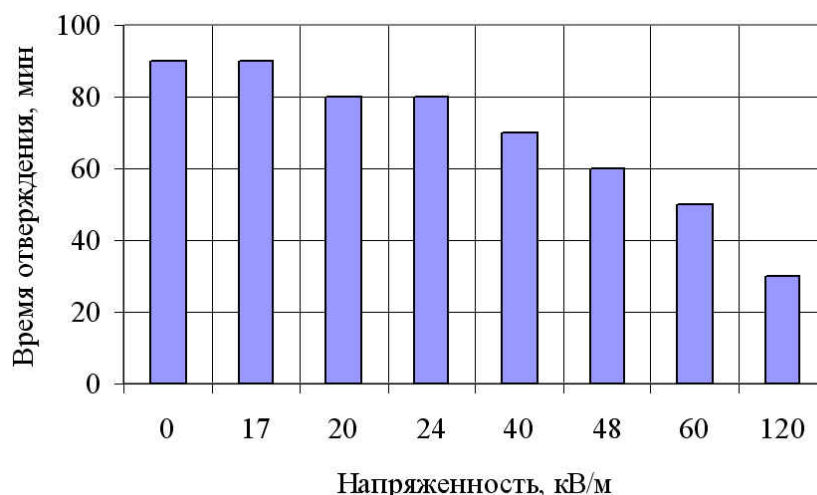


Рисунок 5 – График зависимости продолжительности процесса отверждения лака «Эколак» от напряженности электрического поля

ЭЭАУ, характеризуется малым энергопотреблением (не более 20 Вт в зависимости от установленного выходного напряжения), что свидетельствует об экономической эффективности данного способа и перспективности его дальнейшего развития. Необходимо дальнейшее исследование влияния ЭЭАУ на отверждение ЛКП и установление зависимости между концентрацией АФК от напряженности электрического поля, а также возможность применения данного способа для интенсификации отверждения ЛКМ на основе органических соединений.

Библиографический список

1. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий для древесины и древесных материалов [Текст]/ Б.М. Рыбин. Учебник для вузов. М.: МГУЛ, 2003. 568 с.
2. Жданова И. В. Анализ способов интенсификации отверждения лакокрасочных покрытий. Материалы II всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: Матер. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. Ч. 1. С. 100-102.
3. Газеев М. В., Жданова И. В., Лещев Е. В. Нетрадиционный подход к отверждению лакокрасочных покрытий на древесине. Урал промышленный – Урал полярный: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: сборник материалов VI Междунар. науч.-техн. конф. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. С. 119-122.
4. Газеев М. В., Жданова И. В., Тихонова Е. В. Совершенствование способов сушки лакокрасочных покрытий, образованных водными лаками. Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Материалы III всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов.– Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. Ч. 1. С. 165-167.
5. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст]/ Ю.Г. Фролов. Учебник для вузов. 3-е изд. М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. 464 с.